温度对感染沃尔巴克氏体的松毛虫赤眼蜂种群参数的影响

张海燕，丛　斌*，田　秋，付海滨，董　辉
（沈阳农业大学植物保护学院 害虫生物防治研究室，沈阳　110161）

摘要：在 16℃、20℃、24℃、28℃和 32℃恒温下，观察了温度对感染沃尔巴克氏体的松毛虫赤眼蜂发育、存活和繁殖的影响，组建了相应温度下的实验种群生命表。结果表明，在实验温度范围内，感染沃尔巴克氏体的松毛虫赤眼蜂的发育历期随着温度的升高而逐渐缩短，5 个温度下感染沃尔巴克氏体的松毛虫赤眼蜂世代的发育历期分别为 23.2、17.8、13.2、11.1 和 7.8 天，世代的发育起点温度和有效积温分别为 7.40℃和 212.69 日·度，内禀增长率（r_m）和净生殖力（R_0）分别介于 0.2448 ~ 0.4584 和 28.00 ~ 84.03 之间。结果提示温度 24℃ ~ 28℃为繁殖感染沃尔巴克氏体的松毛虫赤眼蜂的理想温度条件。

关键词：松毛虫赤眼蜂；沃尔巴克氏体；温度；生命表参数；发育历期；有效积温
中图分类号：Q968　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296(2006)03-0433-05

Effect of temperature on the population parameters of *Trichogramma dendrolimi* infected by *Wolbachia*

ZHANG Hai-Yan，CONG Bin*，TIAN Qiu，FU Hai-Bin，DONG Hui（Laboratory for Bio-Control of Pest Insects，College of Plant Protection，Shenyang Agricultural University，Shenyang 110161，China）

Abstract：Development and parasitization of *Trichogramma dendrolimi* infected by *Wolbachia* were observed at 16℃，20℃，24℃，28℃ and 32℃ respectively. The results showed that the developmental duration of *T. dendrolimi* infected by *Wolbachia* was affected by temperature. The higher the temperature，the shorter the duration. The whole developmental duration was 23.2 d，17.8 d，13.2 d，11.1 d，and 7.8 d at 16℃，20℃，24℃，28℃ and 32℃，respectively. The thermal threshold，the effective accumulated temperature，the innate capacity of increase（r_m）and the net reproduction rate（R_0）of *T. dendrolimi* infected by *Wolbachia* were estimated as 7.40℃，212.69 degree-day，0.2448 - 0.4584 and 28.00 - 84.03，respectively. The results suggested that the optimal reproduction temperature of *T. dendrolimi* infected by *Wolbachia* was 24℃ - 28℃. Master

Key words：*Trichogramma dendrolimi*；*Wolbachia*；temperature；life table parameters；developmental duration；effective accumulated temperature

赤眼蜂 *Trichogramma* spp.是全世界害虫生物防治中研究历史最悠久、应用最广泛的一类卵寄生蜂，广泛用于防治玉米、水稻、甘蔗、棉花、蔬菜和松树上的多种鳞翅目害虫(刘树生和施祖华，1996)，其中松毛虫赤眼蜂 *Trichogramma dendrolimi* 是目前在我国研究与利用最为深入，应用范围最为广泛的一种赤眼蜂(张荆等，1994)。

沃尔巴克氏体 *Wolbachia* 近年来在国内外广泛研究，沃尔巴克氏体属于 Proteobacteria 的 α 亚门，是一种立克次氏体；1924 年由 Hertig 和 Wolbach 在尖音库蚊 *Culex pipiens* 的生殖组织里首次发现，并将其命名为 *Wolbachia pipientis*（Hertig，1936）。据调查，全世界有多种昆虫包括 19 种赤眼蜂感染有沃尔巴克氏体，该内生菌通过卵的细胞质传播并参与多种调控其寄主生殖活动的机制，包括诱导胞质不亲和、诱导孤雌生殖、诱导雌性化、杀雄及增强雌性繁殖力和雄性生育力等（Breeuwer and Werren，1990；Vavre *et al.*，1999；Dyson *et al.*，2002；龚鹏等，2002；钟敏和沈佐锐，2004；付海滨等，2005）。在害虫防治的应用中，赤眼蜂后代的雌雄性比是最重要的质量标准，

基金项目：国家自然科学基金项目(30170625)；国家'十五'科技攻关项目(2001BA509130401)
作者简介：张海燕，女，1978 年 2 月生，黑龙江望奎县人，硕士研究生，E-mail：zhanghaiyan51@yahoo.com.cn
* 通讯作者 Author for correspondence，E-mail：Cong_bin@21cn.com
收稿日期 Received：2005-09-20；接受日期 Accepted：2006-02-27

因为只有雌蜂通过产卵可以杀死害虫。正因为如此，在生物防治中使用完全孤雌生殖的赤眼蜂是一种优势，孤雌生殖的原因多数是因为感染了能诱导赤眼蜂孤雌生殖的共生菌——沃尔巴克氏体引起的(Stouthamer，1993；丛斌等，1998)。

垂直传递是沃尔巴克氏体在宿主体内的基本传递模式，系统分析表明沃尔巴克氏体在宿主间也存在水平传播(Huigens *et al*.，2004)。本实验室通过共享食物源的方法水平转染了诱导孤雌产雌的 *Wolbachia* 于松毛虫赤眼蜂体内，成功获得了孤雌产雌松毛虫赤眼蜂品系，经室内繁殖数代生殖方式稳定(另文发表)。

目前，评价感染沃尔巴克氏体的赤眼蜂生物防治效果的研究很少，不同学者有不同的研究结果。赤眼蜂实验种群生命表参数可作为繁蜂品质的指标，反映蜂群的品质。本实验首次进行不同温度下感染沃尔巴克氏体的松毛虫赤眼蜂品系生命表参数统计，建立感染沃尔巴克氏体的松毛虫赤眼蜂的理想繁殖条件，为进一步在生产实践中应用、进而拓展沃尔巴克氏体的应用前景提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

蜂种为孤雌产雌的松毛虫赤眼蜂品系。该品系由本实验室成功转染诱导孤雌产雌的沃尔巴克氏体得到，经数代繁殖，该蜂生殖方式稳定。寄主卵采用新羽化的柞蚕 *Antheraea pernyi* Guerin-Meneville 剖腹卵。

1.2 实验方法

1.2.1 存活率测定：在直径 1 cm，长 5.5 cm 的指形管管壁内，用细毛刷涂适量蜂蜜(天然椴树蜂蜜)，然后每管引入刚羽化的孤雌产雌的松毛虫赤眼蜂成虫 3 头，提供 1 粒新鲜饱满柞蚕卵；各管分别置于 16℃、20℃、24℃、28℃、32℃5 个恒温处理中，相对湿度为 75% ± 5%。严格控制接蜂时间为 4 h。按发育顺序进行，以接蜂当日为生命表 x 的起点。本实验每个温度下接蜂 50 管，10 管用于解剖观察孤雌产雌松毛虫赤眼蜂的产卵数作为产卵基数；30 管用于解剖观察赤眼蜂幼虫期、预蛹期和蛹期的存活率；10 管用于观察最后出蜂数。阶段活虫数观察方法：在凹形载玻片凹陷处滴一滴清水，用细的昆虫针于柞蚕卵的受精孔处轻轻拨开，放在载玻片上的水中，利用水的张力使柞蚕卵内的组织液吸出，待全部吸出后采用日本奥林巴斯生产的摄影生物显微镜(BHA-4B-HL，最大放大倍数为 40 × 100)、解剖镜进行观察并记数。存活率 = 某阶段结束活虫数/该阶段开始时的活虫数。

1.2.2 生殖力测定：选上述被孤雌产雌松毛虫赤眼蜂寄生的柞蚕卵，将其同一时间所羽化的成虫引出(100 头)，1 管 1 蜂，置于指形管内并编号。提供适量天然蜂蜜和 1 粒柞蚕卵，分别置于上述温度下，每个温度 20 个重复。每日上午 9 点按时检查一次成蜂存活情况并更换一次新鲜柞蚕卵。逐日解剖统计孤雌产雌松毛虫赤眼蜂产在柞蚕卵内的卵量，直至成蜂死亡为止，统计逐日产卵量和单雌平均产卵量。

1.3 参数的计算

1.3.1 发育起点、有效积温及发育速率的计算方法：采用李典谟和王莽莽(1986)提出的直接最优法进行计算，发育起点(C)和有效积温(A)分别为：

$$C = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_i D_i^2 - \overline{D} \sum_{i=1}^{n} D_i T_i}{\sum_{i=1}^{n} D_i^2 - nD^2}；A = 1/n \sum_{i=1}^{n} A_i$$

其中，T_i 为实验所设温度，D_i 为在此温度下的发育历期(d)，A_i 是在假设发育起点温度为 C 时算得的有效积温。

发育速率的计算方法是，将发育历期(d)换算成发育速率(V)，$V = 1/D$，D 为从卵到蛹末期的发育历期(d)。

1.3.2 生命表参数计算：生命表参数参考黄寿山等(1996)和徐春婷等(2003)的计算方法。种群增长指数(I)、种群净增殖率(R_0)、世代平均周期(T)、内禀增长力(r_m)、周限增长率(λ)按徐汝梅(1987)的方法计算。计算公式如下：

净生殖力 $R_0 = \Sigma l_{xi} m_{xi}$；平均世代历期 $T = \Sigma x l_{xi} m_{xi} / \Sigma l_{xi} m_{xi}$；内禀增长率 $r_m = \ln R_0 / T$；周限增长率 $\lambda = e^{rm}$；种群增长指数 = 繁殖一代后的卵数/当代起始卵量；预计下代卵量 = 雌蜂数 × 平均产卵量(吴坤君等，1978)。

1.4 数据分析

结果用 SPSS13.0、Excel 软件进行数据处理，差异显著性采用 LSD 方法分析。

2 结果与分析

2.1 温度对孤雌产雌松毛虫赤眼蜂发育和存活的影响

2.1.1 对发育历期的影响：如表 1 所示，孤雌产雌

松毛虫赤眼蜂各虫态发育历期随温度的升高而缩短，在 16℃，20℃，24℃，28℃和 32℃的实验温度下全代发育历期分别为 23.2、17.8、13.2、11.1 和 7.8 天。

表 1　孤雌产雌松毛虫赤眼蜂在不同温度下的发育历期

Table 1　Developmental duration of thelytokous *Trichogramma dendrolimi* at different temperatures

温度 Temperature (℃)	发育历期 Developmental duration (d)				成虫寿命(♀) Female adult longevity (d)
	卵 Egg	幼虫 Larva	预蛹 Prepupa	蛹 Pupa	
16	2.25 ± 0.20 a	5.04 ± 0.71 a	4.27 ± 0.56 a	8.28 ± 0.50 a	3.03 ± 0.44 a
20	0.82 ± 0.21 b	4.33 ± 0.71 b	2.51 ± 0.73 b	7.79 ± 0.87 a	2.31 ± 0.67 b
24	0.74 ± 0.19 b	3.23 ± 0.41 c	2.31 ± 0.42 b	4.98 ± 0.81 b	1.99 ± 0.53 bc
28	0.50 ± 0.16 c	2.49 ± 0.48 d	1.79 ± 0.31 c	4.74 ± 0.71 b	1.61 ± 0.43 c
32	0.21 ± 0.10 d	1.51 ± 0.48 e	0.51 ± 0.20 d	3.52 ± 0.47 c	0.81 ± 0.28 d

表中数据为平均值 ± 标准差，同列数据后有相同字母表示经 LSD 多重比较后差异不显著（$P \geqslant 0.05$）。下同。

The data in the table are mean ± *SD*, and those in the same column followed by the same letter are not significantly different by LSD's multiple range test ($P \geqslant 0.05$). The same for the following tables.

根据表 1，采用直接最优法进行计算，得出孤雌产雌松毛虫赤眼蜂各虫态的发育起点温度分别为卵，13.71℃；幼虫，5.66℃；预蛹，13.07℃；蛹，6.13℃；有效积温分别为卵，5.66 日·度；幼虫，41.67 日·度；预蛹，18.28；蛹，94.56 日·度。全代的发育起点温度和有效积温分别为 7.40℃和 212.69 日·度。

2.1.2　发育速率与温度的关系：根据表 1 的实验数据及发育历期与发育速率的换算关系，得出发育速率与温度的关系见图 1。由图 1 可以看出孤雌产雌松毛虫赤眼蜂的发育速率与温度之间呈直线相关，$y = 0.0073x - 0.0771$（y = 发育速率；x = 环境温度，℃），相关系数 $r = 0.905$，概率 $P < 0.05$（图 1）。

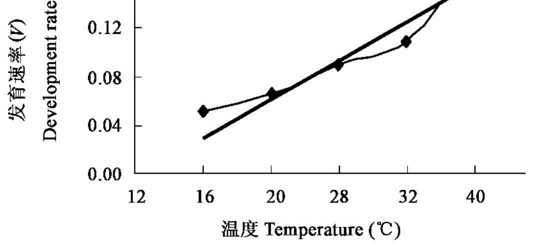

图 1　孤雌产雌松毛虫赤眼蜂发育速率与温度的关系

Fig. 1　Relation between the development rate and temperature of thelytokous *Trichogramma dendrolimi*

2.1.3　对存活率的影响：如表 2，温度对孤雌产雌松毛虫赤眼蜂存活的影响因发育期不同而异。卵孵化率以 24℃最高为 95.9%，其次为 28℃为 91.7%，而 16℃为 81.7%，32℃仅 77.3%，与 24℃、28℃比较相对低些；蛹存活率以 24℃的 96.1%，28℃的 90.5%为高；羽化出蜂率 24℃最高达 97.9%，其次 16℃为 90.1%，最低为 28℃仅 69.2%。

2.2　对产卵量的影响

5 个温度下统计产卵量（1.2.1 节接蜂方法下的起始卵量）结果表明 24℃、28℃两个温度下平均产卵量超过 100 粒，分别为 104.4 粒、111.0 粒；16℃最低为 74.4 粒，而 20℃、32℃分别为 96.8 和 85.6 粒。孤雌产雌松毛虫赤眼蜂在 5 个温度下的产卵量呈现抛物线趋势，配合方程式为 $y = -0.4313x^2 + 21.615x - 162.12$（$y$ = 平均产卵量；x = 环境温度，℃）相关系数 $r = 0.932$，概率 $P < 0.05$（图 2）。

2.3　不同温度下的种群生命表

温度对孤雌产雌松毛虫赤眼蜂发育、存活有一定影响，根据不同温度下观察所得各虫态发育存活和成虫生殖力实测资料，组建了孤雌产雌松毛虫赤眼蜂的实验种群生命表，如表 3，产卵基数在 24℃和 28℃时较高，分别为 104.4 粒、111.0 粒；幼虫存活数 24℃和 28℃分别为 99.0 头和 96.8 头。成虫羽化率以 24℃最高为 97.9%，而 28℃最低只 69.2%。24℃条件下种群趋势指数 $I = 92.64$，就是说此时孤

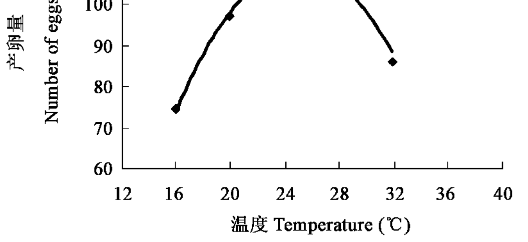

图 2　温度对孤雌产雌松毛虫赤眼蜂产卵量的影响

Fig. 2　Effect of temperature on number of eggs laid by thelytokous *Trichogramma dendrolimi*

雌产雌松毛虫赤眼蜂几乎成百倍增长。

2.4 不同温度下种群参数

根据观察资料，总结生殖力，计算出种群参数。结果如表 3、表 4。

当环境温度为 24℃时，种群净增殖率（R_0）最大（84.03）；环境温度为 32℃时，内禀增长力（r_m）最大（0.4584）。

表 2 孤雌产雌松毛虫赤眼蜂在不同温度下的存活率（%）和羽化出蜂率（%）

Table 2 Survival rate (%) and adult emergence (%) of thelytokous *Trichogramma dendrolimi* at different temperatures

温度 Temperature (℃)	存活率（%） Survival rate 卵 Egg	幼虫 Larva	蛹 Pupae	羽化出蜂率（%） Adult emergence rate
16	81.7 ± 23.11 a	79.7 ± 12.56 a	84.9 ± 20.11 a	90.1 ± 10.23 a
20	91.2 ± 12.33 b	85.0 ± 18.62 ab	88.8 ± 17.12 ab	77.3 ± 19.16 b
24	95.9 ± 13.45 b	94.8 ± 23.12 b	96.1 ± 13.45 bc	97.9 ± 16.44 a
28	91.7 ± 16.22 b	87.2 ± 12.43 ab	90.5 ± 14.23 ac	69.2 ± 15.32 b
32	77.3 ± 15.78 a	65.6 ± 13.56 c	81.2 ± 15.22 a	77.0 ± 12.02 b

表 3 孤雌产雌松毛虫赤眼蜂在不同温度下的种群生命表

Table 3 Experimental population life tables of thelytokous *Trichogramma dendrolimi* at different temperatures

发育阶段 Developmental stage	温度 Temperature (℃) 16	20	24	28	32
起始卵数 Initial number of eggs	74.4	96.8	104.4	111.0	85.6
卵死亡率 Death rate of eggs (%)	20.3	15.0	5.2	12.8	34.4
卵死亡数 Death number of eggs	13.6	8.5	4.3	9.2	19.4
进入幼虫期数 Larva number	60.8	88.3	100.1	101.8	66.2
幼虫死亡率 Death rate of larvae	20.4	6.8	1.1	4.9	15.1
幼虫死亡数 Death number of larvae	1.5	6.0	1.1	5.0	10.0
进入蛹期数 Pupa number	59.3	82.3	99.0	96.8	56.2
蛹死亡率 Death rate of pupae	23.6	31.3	6.1	37.4	37.5
蛹死亡数 Death number of pupae	14.0	25.8	6.0	36.2	21.1
成虫羽化数 Emergence number	45.3	56.5	93.0	60.6	35.1
单雌平均产卵量 Average of eggs laid per female	53.2	76.6	86.3	97.2	64.1
预计下代卵量 Forecast egg number of next period	2 410.0	4 327.9	8 025.9	5 890.3	2 249.9
种群增长指数 Population growth index (I)	45.3	56.5	93.0	60.6	35.1

表 4 孤雌产雌松毛虫赤眼蜂在不同温度下的种群参数

Table 4 Population parameters of thelytokous *Trichogramma dendrolimi* at different temperatures

温度 Temperature (℃)	净增殖率 Net reproduction rate (R_0)	世代平均周期 Average generation period (T, day)	内禀增长力 Innate capacity of increase (r_m)	周限增长率 Finite rate of natural increase (λ)
16	44.15	15.48	0.2448	1.2773
20	64.41	14.65	0.2846	1.329
24	84.03	10.28	0.4309	1.5386
28	58.77	9.09	0.4477	1.5646
32	28.00	7.27	0.4584	1.5815

3 讨论

国内外不同学者对感染沃尔巴克氏体的赤眼蜂适合度研究结果不同。Silva 等（2000）在温室中比较研究了感染沃尔巴克氏体与没有感染的科尔多瓦赤眼蜂 *T. cordubensis* 的应用效果，结果表明二者寻找寄主的能力没有差别。付海滨和丛斌（2005）研究了感染沃尔巴克氏体和没有感染沃尔巴克氏体的松毛虫赤眼蜂品系对几种寄主卵选择性，结果表明，两赤眼蜂品系对米蛾卵和柞蚕卵的选择性明显高于对亚洲玉米螟卵的选择性，但对同种寄主卵的选择性在两赤眼蜂品系之间没有显著差异。

为探讨感染沃尔巴克氏体的孤雌产雌松毛虫赤眼蜂的最佳繁殖条件，本实验对感染沃尔巴克氏体的松毛虫赤眼蜂不同温度下生殖参数进行了研究，

在以柞蚕卵为寄主的情况下，28℃下孤雌产雌松毛虫赤眼蜂品系的平均单雌产卵量为 111.0 粒，幼虫存活率为 87.2%，蛹存活率为 90.5%。单从产卵基数的统计结果看，28℃的产卵基数大，达 111.0 粒，但结合幼虫、蛹及成虫的存活率综合考虑，各温度处理都低于 24℃的存活率，而且 24℃时的种群趋势指数 *I* 最大，达 92.64，所以可认为，在本实验条件下以 24℃ ~ 28℃的温度区间为较理想的繁蜂条件。

感染沃尔巴克氏体的松毛虫赤眼蜂即孤雌产雌的松毛虫赤眼蜂品系要应用于生产实践必须解决包括建立最佳繁殖条件在内的一系列问题，本研究建立的最佳繁殖条件为感染沃尔巴克氏体的松毛虫赤眼蜂的工厂化生产提供了理论和实验基础。

参 考 文 献（References）

Breeuwer JAJ，Werren JH，1990. Microorganisms associated with chromosome destruction and reproductive isolation between two insect species. *Nature*，346：558 – 560.

Cong B，Stouthamer R，Schilthuizen R，1998. Parthenogenesis of wasps and *Wolbachia*. In：Cheng DF ed. Prospects of Plant Protection in 21st Century. Beijing：Chinese Science and Technology Press. 665 – 669. [丛斌，Stouthamer R，Schilthuizen R，1998. *Wolbachia* 与寄生蜂的孤雌生殖. 见：程登发 主编. 植物保护 21 世纪展望. 北京：中国科学技术出版社. 665 – 669]

Dyson EAM，Kamath MK，Hurst GD，2002. *Wolbachia* infection associated with all-female broods in *Hypolimnas bolina* (Lepidoptera：Nymphalidae)：evidence for horizontal transmission of a butterfly male killer. *Heredity*，88(3)：166 – 171.

Fu HB，Cong B，2005. Studies on host-preference of the egg parasite *Trichogramma* spp. infected by *Wolbachia*. *Chinese Journal of Biological Control*，21(Suppl.)：83 – 85. [付海滨，丛斌，2005. 感染有沃尔巴克氏体的赤眼蜂对寄主卵的选择性. 中国生物防治，21(增刊)，83 – 85]

Fu HB，Cong B，Dai QH，2005. *Wolbachia* endosymbionts in *Trichogramma* and their impacts on the hosts. *Chinese Journal of Biological Control*，21(2)：70 – 73. [付海滨，丛斌，戴秋慧，2005. 赤眼蜂内生菌沃尔巴克氏体及其对宿主影响. 中国生物防治，21(2)：70 – 73]

Gong P，Shen ZR，Li ZH，2002. *Wolbachia* endosymbionts and their manipulation of reproduction of arthropod hosts. *Acta Entomologica Sinica*，45(2)：241 – 252. [龚鹏，沈佐锐，李志红，2002. *Wolbachia* 属共生细菌及其对节肢动物生殖活动的调控作用. 昆虫学报，45(2)：241 – 252]

Hertig M，1936. The rickettsia，*Wolbachia pipientis* (gen. *et* sp. n.) and associated inclusions of the mosquito *Culex pipiens*. *Parasitology*，28：453 – 486.

Huang SS，Dai ZY，Wu DZ，1996. The establishment and application of the experimental population life tables of *Trichogramma* spp. on different hosts. *Plant Protection Journal*，23(3)：209 – 212. [黄寿山，戴志一，吴达璋，1996. 赤眼蜂实验种群生命表的编制与应用. 植物保护学报，23(3)：209 – 212]

Huigens ME，de Almeida RP，Boons P，Luck RF，Stouthamer R，2004. Natural interspecific and intraspecific horizontal transfer of parthenogensis-inducing *Wolbachi* in *Trichogramma* wasps. *Proceedings of the Royal Society London B*，271：509 – 515.

Li DM，Wang MM，1986. Study on the fast estimate methods of the development zero and effective temperature. *Entomological Knowledge*，23(4)：184 – 187. [李典谟，王莽莽，1986. 快速估计发育起点及有效积温法的研究. 昆虫知识，23(4)：184 – 187]

Liu SS，Shi ZH，1996. Recent developments in research and utilization of *Trichogramma* spp. *Chinese Journal of Biological Control*，12(2)：78 – 84. [刘树生，施祖华，1996. 赤眼蜂研究和应用进展. 中国生物防治，12(2)：78 – 84]

Silva IMMS，van Meer MMM，Roskam MM，Hoogenboom A，Gort G，Stouthamer R，2000. Biological control potential of *Wolbachia* infected versus uninfected wasps：laboratory and greenhouse evaluation of *Trichogramma cordubensis* and *T. deion* strains. *Biol. Control*，10：223 – 238.

Stouthamer R，1993. The use of sexual versus asexual wasps in biological control. *Entomophaga*，38：3 – 6.

Vavre F，Girin C，Bouletreau M，1999. Phylogenetic status of a fecundity-enhancing *Wolbachia* that does not induce thelytoky in *Trichogramma*. *Insect Mol. Biol.*，8(1)：67 – 72.

Wu KJ，Chen YP，Li MH，1978. Experiment population life table of *Helicoverpa armigera* under different temperature. *Acta Entomologica Sinica*，21(4)：385 – 392. [吴坤君，陈玉平，李明辉，1978. 不同温度下棉铃虫实验种群生命表. 昆虫学报，21(4)：385 – 392]

Xu CT，Hung SS，Liu WH，Han SC，Chen QX，Li LY，2003. Establishment and analysis of laboratory population life table of *Trichogramma dendrolimi* developed on *Antherea pernyi* eggs. *Chinese Journal of Applied Ecology*，14(11)：1 947 – 1 950. [徐春婷，黄寿山，刘文惠，韩诗畴，陈巧贤，李丽英，2003. 柞蚕卵繁殖赤眼蜂实验种群生命表的编制与分析. 应用生态学报，14(11)：1 947 – 1 950]

Xu RM，1987. Insect Population Ecology. Beijing：Beijing Normal University Publishing House. 97 – 107. [徐汝梅，1987. 昆虫种群生态学. 北京：北京师范大学出版社. 97 – 107]

Zhang J，Wang JL，Yang CC，Cong B，1994. A study on the method of inducing *Trichogramma dendrolimi* Matsumura into diapause stage. *Journal of Shenyang Agricultural University*，25(3)：254 – 258. [张荆，王金玲，杨长成，丛斌，1994. 利用低温诱导松毛虫赤眼蜂滞育技术研究. 沈阳农业大学学报，25(3)：254 – 258]

Zhong M，Shen ZR，2004. Infection of the endosymbiont *Wolbachia* in population of *Trichogramma evanescens* in China. *Acta Entomologica Sinica*，47(6)：732 – 737. [钟敏，沈佐锐，2004. *Wolbachia* 在我国广赤眼蜂种群内的感染. 昆虫学报，47(6)：732 – 737]

（责任编辑：袁德成）